

## 移動エージェントと群ロボットを用いた 対象物の協調運搬

高橋 諒\* 滝本 宗宏\*  
東京理科大学\*

### 1 はじめに

比較的低機能を持つ複数のロボットを協調させることによって複雑なタスクを達成可能であることが知られている。このようなロボットの集合は、群ロボットと呼ばれる。しかし、群ロボットの協調動作には、複雑な制御が必要になるという問題があった。本研究では、蟻のフェロモンコミュニケーションをモデルとして、物体を協調して運搬する簡便な制御手法を提案する。本手法は、サイト間を自律的に移動するソフトウェアユニットである移動エージェントを用いてフェロモンコミュニケーションを実現するので、特別なハードウェアを必要としない。本手法の有効性を示すために、群ロボットによる協調運搬をシミュレータ上で実現した。本シミュレータの振舞いと併せて、協調運搬におけるフェロモンコミュニケーションの有効性を検証し、運搬時における対象物の回転運動の制御について検討する。

### 2 運搬モデル

本手法では、複数のロボットが被運搬物体を押すことによって運搬することを仮定する。群ロボットの協調動作の制御には、アントエージェント（以降、AA と呼ぶ）とフェロモンエージェント（以降、PA と呼ぶ）という2種類の移動エージェントを用いる。AA は、ロボット間を移動しながら他のタスクをもたないロボットを見つけ、その振舞いを制御する。PA は、ロボットを特定の位置に誘引するよう制御する。以降で、AA と PA の詳細を述べる。

#### 2.1 アントエージェント

AA は、砂糖を持ち運ぶ蟻の振舞いを模したエージェントであり、各ロボットが砂糖に対応する。ロボットを制御していない AA は、図 1(a) が示すようにロボット間を移動し、他の AA が制御していない空きロボットを

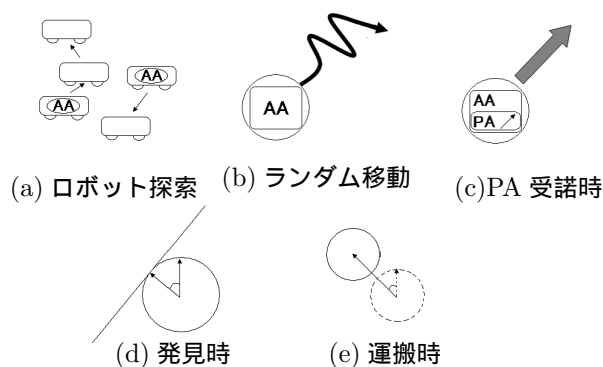


図1 アントエージェント

探す。空きロボットが見つかる時、図 1(b) に示すように、そのロボットをランダムに移動させながら、被運搬物体を探す。この際、制御しているロボットが、壁や他のロボットに接触すると旋回させる。そして、被運搬物体を見つけることなく、一定距離を進むと他のロボットに移動する。AA が制御するロボットに PA が移動してくると、図 1(c) に示すように、AA は、PA の誘導に従ってロボットを被運搬物体まで移動させる。AA が制御するロボットが被運搬物体に到達すると、図 1(d) に示すように、ロボットと被運搬物体の辺が直交している角度と運搬先の方角の差を計算する。この角度の絶対値が 90 度未満なら、運搬状態に移行し、90 度以上ならロボットを離れるように移動させる。AA が運搬状態に移行した後の被運搬物体の運搬過程では、図 1(e) の示すように一定距離を移動するたび、移動前の位置と移動後の位置からベクトルを生成し、移動方向を検査する。得られたベクトルが、移動予定のベクトルと比較して右にずれているなら、ロボットを現在いる位置より、物体の辺に沿って右に移動させ、左にずれているなら、左に移動させる。もし、一定時間押しも被運搬物体が動かないなら、PA を生成して、他のロボットを呼び寄せる。

#### 2.2 フェロモンエージェント

蟻のフェロモンの振舞いを模したエージェントである。PA は、AA よって初期位置が設定され、その初期

Cooperative transportation of an object using mobile agents and robots

\*Takahashi Ryo, Tokyo University of Science

\*Takimoto Munehiro, Tokyo University of Science

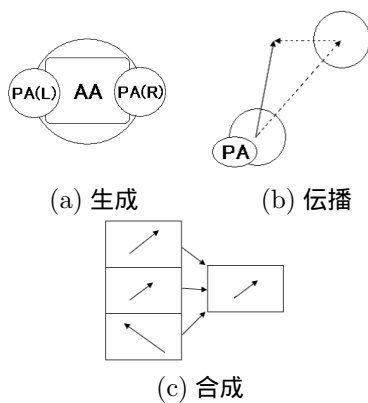


図2 フェロモンエージェント

位置が、他のロボットを誘引する目的地になる。PAは、PAが現在存在するロボットの位置から目的地へのベクトル値を常に保持しており、このベクトル値に基づいてロボットを誘導する。図2(a)に示すように、AAは、AAが現在存在するロボットの右側に他のロボットがないなら、右に一定距離離れた位置を初期位置としてPAを生成する。一方、左側に他のロボットがないなら、左に一定距離離れた位置を初期位置としてPAを生成する。一旦PAが生成されると、PAは、他のロボットに移動を繰り返して伝播する。PAが他のロボットに移動する際には、図2(b)に示すように、PAが保持するベクトル値と、PAの移動前後のロボット位置によって定義されるベクトルを合成し、PAの新しいベクトル値にする。このPAが保持するベクトル値の変更は、ベクトル値が目的地を指すように適切に修正することに貢献する。AAが他のAAから複数のPAを受け取った場合は、図2(c)に示すように、最も短いベクトルを保持するPAを採用する。

### 3 評価

本手法の有効性を確認するために、シミュレータを作成した。図3は、シミュレータの振舞いを確認するための表示画面を示している。小円は、ロボットを示しており、内部の三角形の鋭角方向は、ロボットの進む方向を示している。各ロボットは、壁に囲まれた500\*500の正方形のフィールド上を移動できると仮定する。また、色が濃いものは、AAが制御していることを示している。また、大円は、中心にあるPAの移動可能範囲を示しており、被運搬対象物は120\*120の正方形で表している。

### 4 実験結果

本手法の実行効率と正確性を確認するために、シミュレータ上でAAの数とロボットの台数を変化させて、被運搬物体の運搬時間と、被運搬物体の回転角度の合計を

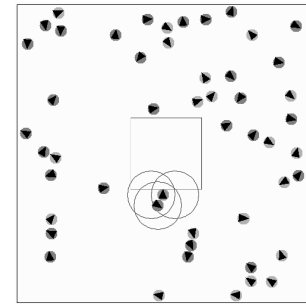


図3 シミュレータ

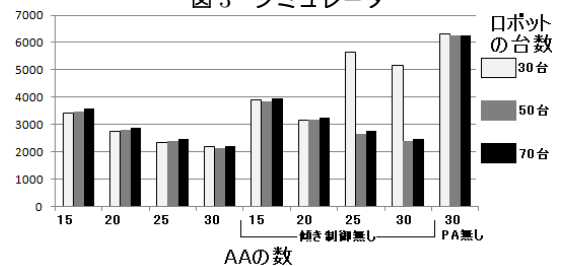


図4 実験結果 (縦軸:運搬時間)

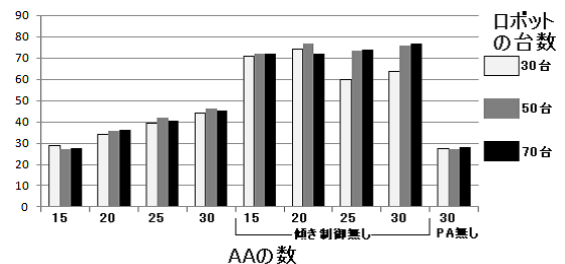


図5 実験結果 (縦軸:回転角度の合計)

測定した。ここでは、運搬時間は、シミュレータの更新回数を用いている。回転角度の合計は、度 $[\circ]$ とする。図4のグラフから分かるように、運搬時間はPAと傾き制御によって短縮できることが確認できた。また、図5のグラフから分かるように、角度の合計は、傾き制御があるほうが回転運動を抑制できるが、AAの数が増えるとその正確性が低下してしまうことが確認できた、また、PAが無い方が、制御の正確性が高いことからPAによって被運搬物体を運ぶロボットの個体密度が高まり、ロボット間で制御の妨害をしていることが確認できた。

### 5 まとめ

本研究では、移動エージェントを用いて、物体を協調運搬する簡便な制御手法を提案した。今後の課題としては、ロボットの台数やその性能を考慮し、運搬時間の実行効率を維持したまま、ロボットの傾き制御の正確性をより高めることが考えられる。

### 参考文献

[1] 藤澤. 隆 and 今村. 光 and 松野. 文俊, "フェロモン・コミュニケーションによるロボット群の協調運搬," 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), vol. 4, no. 4, pp. 10-18, nov 2011.